

先天性心脏病患儿行放射性介入治疗对辐射敏感组织的影响

孙玉琴, 孙亚梅

【摘要】 目的 研究先天性心脏病(CHD)患儿行放射性介入治疗对辐射敏感组织的影响。**方法** 回顾性分析 2013 年 5 月至 2015 年 12 月行放射性介入手术的 82 例 CHD 患儿(观察组)、40 例同期行外科手术的 CHD 患儿(对照组)术后 2~4 年随访资料,分析 CHD 患儿介入治疗的辐射剂量,并对比两组甲状腺彩超、甲状腺功能项目检查[促甲状腺激素(TSH)、游离三碘甲状腺原氨酸(FT3)、游离甲状腺素(FT4)]、血常规检查[白细胞(WBC)、血小板计数(PLT)]及外周血淋巴细胞染色体畸变与微核检查等随访项目。**结果** 82 例 CHD 中,房间隔缺损(ASD)、室间隔缺损(VSD)、动脉导管未闭(PDA)、肺动脉瓣狭窄(PS)患儿辐射剂量分别为 $9.01 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $24.60 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $7.27 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $12.63 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$;观察组术后 2 年、3 年、4 年甲状腺彩超异常率与对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组术后 2、3 和 4 年 TSH、FT3、FT4 水平与对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组术后 2、3 和 4 年 WBC 异常率、PLT 异常率与对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组术后 2、3 和 4 年外周血淋巴细胞染色体畸变率、外周血淋巴细胞微核检出率高于对照组($P<0.05$)。**结论** CHD 患儿行放射性介入术后 2~4 年对其辐射敏感组织如甲状腺、造血系统无明显影响,但仍对其遗传物质有一定损伤,应加以重视。

【关键词】 先天性心脏病;放射介入治疗;辐射;敏感组织

中图分类号:R541 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2021)-07-0734-05

The effect of radiation exposure on radiation-sensitive tissues during interventional therapy for child patients with congenital heart disease SUN Yuqin, SUN Yamei. Department of Pediatrics, Health Center, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan Province 646000, China

Corresponding author: SUN Yuqin, E-mail: xldo58119668@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the effect of radiation exposure on radiation-sensitive tissues during interventional therapy for child patients with congenital heart disease(CHD). **Methods** The clinical materials and 2-4 years follow-up data of 82 CHD child patients who received interventional therapy (observation group) and 40 CHD child patients who received surgery (control group) during the period from May 2013 to December 2015 at the Affiliated Hospital of Southwest Medical University of China were retrospectively analyzed. The radiation doses received by CHD children during interventional therapy were recorded. The thyroid ultrasound findings, the thyroid functions, including thyrotropin(TSH), free triiodothyronine(FT3) and free thyroxine(FT4), the routine blood testing, including white blood cell count(WBC) and platelet count(PLT), the peripheral blood lymphocyte chromatid aberration rate and the micronucleus rate were compared between the two groups. **Results** Among the 82 CHD child patients of the observation group, the radiation doses received by child patients with atrial septal defect(ASD), ventricular septal defect(VSD), patent ductus arteriosus(PDA) and pulmonary stenosis(PS) were $9.01 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$, $24.60 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$, $7.27 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ and $12.63 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$, respectively. No statistically significant differences in postoperative 2-, 3- and 4-year abnormal finding rates of thyroid ultrasonography existed between the two groups($P>0.05$). The postoperative 2-, 3- and 4-year TSH, FT3 and FT4 levels in the observation group were not significantly different from those in the control group($P>0.05$). There were no statistically significant differences in postoperative 2-, 3- and 4-year abnormal rates

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2021.07.020

基金项目:四川省卫生厅科研课题项目(17PJ263)

作者单位:646000 四川泸州 西南医科大学附属医院康健中心院区儿科(孙玉琴)、内分泌科(孙亚梅)

通信作者:孙玉琴 E-mail: xldo58119668@163.com

of WBC and PLT between the two groups ($P>0.05$). The postoperative 2-, 3- and 4-year peripheral blood lymphocyte chromatid aberration rate and the micronucleus rate in the observation group were remarkably higher than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** The radiation dose received by CHD children during interventional procedure has no obvious effect on radiation-sensitive tissues such as thyroid and hematopoietic system in 2-4 years after the treatment, but such radiation dose still carries certain damage to genetic materials in children, to which sufficient attention should be paid. (J Intervent Radiol, 2021, 30: 734-738)

【Key words】 congenital heart disease; interventional therapy; radiation; sensitive tissue

流行病学调查显示先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)总患病率为 3.63%^[1],以房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)、室间隔缺损(ventricular septal defect, VSD)、动脉导管未闭(patent ductus arteriosus, PDA)、肺动脉瓣狭窄(pulmonary artery, PS)为多见。对于 CHD 患儿,外科手术为传统治疗方法,但给机体造成较大损伤,且留瘢痕,而介入治疗随治疗材料、实验与临床研究进展,其技术日趋成熟^[2],但因心脏介入操作有时较复杂,透视时间较长,使患儿胸部造血组织受较大剂量电离辐射损伤,若术中未注意防护,可能也累及颈部如甲状腺,因而 CHD 患儿介入术后电离辐射损伤是目前研究重点^[3]。本文主要分析 CHD 患儿行放射性介入治疗后对其辐射敏感组织的影响,结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2013 年 5 月至 2015 年 12 月于西南医科大学附属医院行介入放射手术的 82 例 CHD 患儿,记为观察组,纳入标准:①主诉活动后气喘、乏力、胸闷,心前区隆起,经术前超声筛查(见心脏杂音)确诊;②术前无甲状腺疾病或血液系统疾病。排除标准:①合并严重肺动脉高压者;②合并原发性甲状腺疾病、21 三体综合征等可能影响术后甲状腺功能评估的患儿;③合并血液系统疾病患儿;④随访期间再次接受过放射诊疗的患儿。另选择同期行外科手术的 40 例 CHD 患儿作为对照组,术前均无甲状腺疾病或血液系统性疾病,两组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),有可比性,见表 1。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 观察组患儿依据疾病类型予以 ASD 封堵术、VSD 封堵术、PDA 封堵术、PS 封堵术,手术均由具有 10 年以上经验的儿童心脏介入医师严格依据《儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识》^[4]进行,术中均应用德国西门子 AXIOM Artis

表 1 两组一般资料比较

| 组别 | 观察组 (n=82) | 对照组 (n=40) | χ^2 值 | P 值 |
|-----------------------|---------------|---------------|------------|-------|
| 性别/n(%) | | | 0.912 | 0.340 |
| 男 | 34(41.5) | 13(32.5) | | |
| 女 | 48(58.5) | 27(67.5) | | |
| 年龄/岁 | 8.79±0.91 | 8.82±0.88 | 0.173 | 0.863 |
| 身高/cm | 134.17±14.23 | 135.01±13.69 | 0.310 | 0.757 |
| 体重/kg | 31.06±3.25 | 29.98±3.27 | 1.720 | 0.088 |
| 疾病类型/n(%) | | | 0.242 | 0.971 |
| ASD | 19(23.17) | 9(22.50) | | |
| VSD | 38(46.34) | 20(50.00) | | |
| PDA | 17(20.73) | 8(20.00) | | |
| PS | 8(9.76) | 3(7.50) | | |
| 近 1 年接受过放射 诊疗/n(%) | | | 0.213 | 0.645 |
| 是 | 8(9.8) | 5(12.5) | | |
| 否 | 74(90.2) | 35(87.5) | | |
| 家人吸烟与否/n(%) | | | 1.414 | 0.234 |
| 是 | 44(53.7) | 26(65.0) | | |
| 否 | 38(46.3) | 14(35.0) | | |

dBA 型 DSA 和设备可直接显示手术透视时间与辐射剂量。对照组予以根治手术、姑息手术、心脏移植等外科手术。

1.2.2 问卷调查 自拟《CHD 儿童随访登记表》,内容包括患儿姓名、性别、年龄、身高、体重、疾病类型、近 1 年是否接受过放射诊疗、家人吸烟与否,吸烟指累计吸烟>6 个月或累积吸烟量≥100 支。

1.2.3 随访观察 术后对所有入组患儿展开 2~4 年的随访,外周血淋巴细胞染色体畸变与微核于术后 2、3 和 4 年各随访 1 次,其余项目均于术前、术后 2、3 和 4 年各检测 1 次,随访项目包括甲状腺彩超、甲状腺功能项目等检查包括促甲状腺激素(TSH)、游离三碘甲状腺原氨酸(FT3)、游离甲状腺素(FT4),血常规检查包括白细胞(WBC)、血小板计数(PLT)及外周血淋巴细胞染色体畸变与微核检查。

1.2.3.1 甲状腺彩超检查 患儿取仰卧位,将头颈部充分暴露,应用美国 GE 公司提供的 Vivid E9 型彩色多普勒超声诊断仪,由彩超专业技术人员进行检查,判断甲状腺有无异常,如甲状腺是否发生明

显常、甲状腺单发/多发结节、甲状腺单侧或双侧囊肿与其他异常情况。

1.2.3.2 甲状腺激素检查:抽取晨静脉血 2 mL,离心分离血清,采用美国 ADVIA 全自动免疫分析仪,以微粒子酶联免疫吸附试验测定 TSH、FT3、FT4 水平。

1.2.3.3 血常规检查:应用美国贝克曼库尔特公司提供的 MEK-6318 型全自动血细胞分析仪测定 WBC、PLT,儿童 WBC 正常范围为 $3.5 \times 10^9/L \sim 12.0 \times 10^9/L$, PLT 正常范围为 $100 \times 10^9/L \sim 300 \times 10^9/L$ 。

1.2.3.4 外周血淋巴细胞染色体畸变:依据 GBZ/T 248-2014 标准,主要记录非稳定性畸变(双着丝粒体、无着丝粒体、染色单体断裂等)、稳定性畸变(涉及大片段的易位与缺失),畸变结果由 2 名经验丰富的阅片医师审核后给出,以每百细胞畸变数(%)表示,本次以染色单体断裂为主。

1.2.3.5 外周血淋巴细胞微核率:分析 1 000 个胞质完整转化的淋巴细胞,统计淋巴细胞中所含微核数,计算微核率。

1.3 统计处理

采用 SPSS23.0 软件对数据进行处理,计数资料采用%表示,行 χ^2 检验、连续校正 χ^2 检验,计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,予以独立样本 t 检验、重复测量数据的方差分析、LSD- t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

2.1 CHD 患儿辐射剂量分析

82 例 CHD 中,ASD、VSD、PDA、PS 患儿辐射剂量分别为 9.01、24.60、7.27 和 12.63 $\mu Gy \cdot m^2/kg$ 。见图 1。

2.2 两组甲状腺彩超异常率比较

82 例 CHD 患儿均完成随访,无失访病例,随访率 100%(82/82)。观察组术后 2、3 和 4 年甲状腺彩超异常率与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

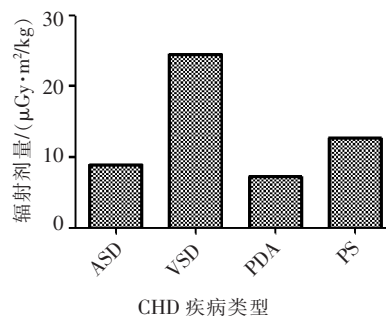


图 1 CHD 患儿辐射剂量分析

表 2 两组甲状腺彩超异常率比较 $n(\%)$

| 组别 | 术后 2 年 | 术后 3 年 | 术后 4 年 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 观察组($n=82$) | 18(21.95) | 24(29.27) | 31(37.80) |
| 对照组($n=40$) | 7(17.50) | 15(37.50) | 17(42.50) |
| χ^2 值 | 0.327 | 0.838 | 0.248 |
| P 值 | 0.567 | 0.360 | 0.618 |

2.3 两组甲状腺激素水平比较

术后两组 TSH、FT3、FT4 呈增加趋势($P < 0.05$),两组术后 2 年、3 年、4 年 TSH、FT3、FT4 水平比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3、图 2。

2.4 两组血常规指标比较

观察组术后 2、3 和 4 年 WBC 异常率、PLT 异常率与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

2.5 两组外周血淋巴细胞染色体畸变与微核率对比

术后观察组的外周血淋巴细胞染色体畸变率及外周血淋巴细胞微核检出率较术前升高,差异有显著性($P < 0.05$),且观察组术后 2、3 和 4 年外周血淋巴细胞染色体畸变率、外周血淋巴细胞微核检出率高于对照组($P < 0.05$)。见表 5、图 3。

3 讨论

CHD 为胎儿时期心脏发育异常引起的遗传易感性心脏疾病,严重危害患儿生命健康。对于本病,外科手术治疗已有较丰富的经验及治疗效果,但外

表 3 两组甲状腺激素水平比较

| 参数 | 术前 | 术后 | | | F 值 | P 值 |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| | | 2 年 | 3 年 | 4 年 | | |
| TSH/(UIU/mL) | | | | | F 交互=75.149, F 时点=11.667, F 组间=5.827 | P 交互 <0.01 , P 时点 <0.01 , P 组间=0.154 |
| 观察组($n=82$) | 0.36 \pm 0.04 | 0.38 \pm 0.04 | 0.39 \pm 0.05 | 0.40 \pm 0.05 | | |
| 对照组($n=40$) | 0.35 \pm 0.04 | 0.37 \pm 0.05 | 0.40 \pm 0.05 | 0.41 \pm 0.05 | | |
| FT3/(pg/mL) | | | | | F 交互=82.454, F 时点=17.542, F 组间=4.669 | P 交互 <0.01 , P 时点 <0.01 , P 组间=0.235 |
| 观察组($n=82$) | 2.28 \pm 0.24 | 2.31 \pm 0.26 | 2.34 \pm 0.26 | 2.38 \pm 0.26 | | |
| 对照组($n=40$) | 2.30 \pm 0.25 | 2.35 \pm 0.24 | 2.37 \pm 0.25 | 2.45 \pm 0.26 | | |
| FT4/(ng/dL) | | | | | F 交互=47.489, F 时点=10.114, F 组间=3.968 | P 交互 <0.01 , P 时点 <0.01 , P 组间=0.268 |
| 观察组($n=82$) | 1.02 \pm 0.14 | 1.06 \pm 0.11 | 1.05 \pm 0.12 | 1.07 \pm 0.12 | | |
| 对照组($n=40$) | 1.03 \pm 0.14 | 1.05 \pm 0.11 | 1.08 \pm 0.12 | 1.10 \pm 0.12 | | |

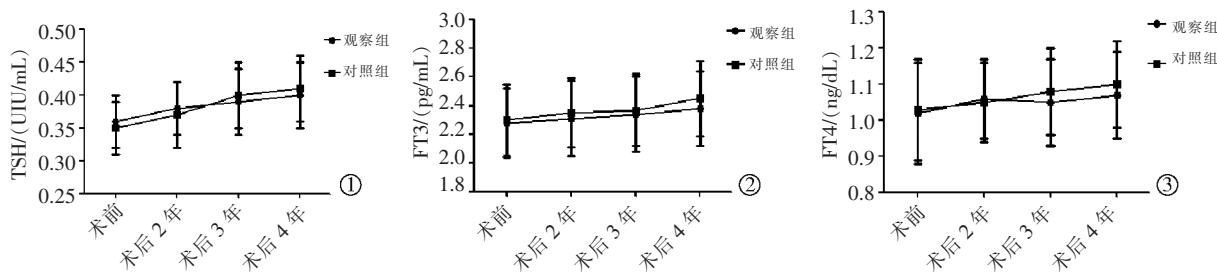


图2 两组甲状腺激素水平比较

表4 两组血常规指标比较

| 参数 | 术后2年 | 术后3年 | 术后4年 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| WBC 异常率 | | | |
| 观察组 (n=82) | 5 (6.10) | 8 (9.76) | 10 (12.20) |
| 对照组 (n=40) | 2 (5.00) | 5 (12.50) | 6 (15.00) |
| χ^2/P 值 | 0.060/0.807 | 0.213/0.645 | 0.186/0.667 |
| PLT 异常率 | | | |
| 观察组 (n=82) | 2 (2.44) | 4 (4.88) | 3 (3.66) |
| 对照组 (n=40) | 1 (2.50) | 1 (2.50) | 0 |
| 连续校正 χ^2/P 值 | 0.363/0.547 | 0.018/0.892 | 0.550 |

表5 两组外周血淋巴细胞染色体畸变、微核率比较

| 参数 | 术后2年 (n=10012, m=4687) | 术后3年 (n=9968, m=4294) | 术后4年 (n=8513, m=3657) |
|---------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 染色体畸变率 | | | |
| 观察组 | 0.51±0.06 | 0.58±0.06* | 0.76±0.08* |
| 对照组 | 0.14±0.03 | 0.16±0.05 | 0.15±0.02 |
| t 值/P 值 | 399.447/<0.000 1 | 402.436/<0.000 1 | 455.030/<0.000 1 |
| 微核检出率 | | | |
| 观察组 | 0.14±0.02 | 0.18±0.02* | 0.23±0.05* |
| 对照组 | 0.07±0.02 | 0.08±0.01 | 0.09±0.02 |
| t 值/P 值 | 197.757/<0.000 1 | 311.304/<0.000 1 | 163.786/0.000 1 |

表中的 n 代指观察组分析的细胞数, m 代指对照组分析的细胞数; 与术后2年比较, * $P < 0.05$ 。

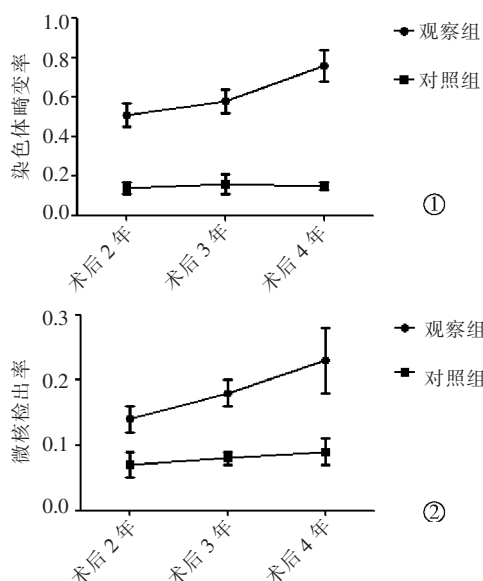


图3 两组外周血淋巴细胞染色体畸变、微核率比较

科手术需开胸及体外循环,术后并发症较多^[5]。介入技术治疗 CHD 日臻成熟^[6],但治疗过程中患儿接受辐射的问题正受到关注,尤其是儿童正处在生长发育高峰期,其对电离辐射的敏感度较成人更高,其中甲状腺为对电离辐射高度敏感的组织,儿童时期接触电离辐射可能引起甲状腺癌发病,此外造血系统(如骨髓等)对电离辐射也较敏感,因而了解介入术中辐射接触对 CHD 患儿辐射敏感组织的影响很有必要^[7]。

白家琰等^[8]的研究显示,CHD 患儿中行 PDA、ASD、VSD、PS、主动脉缩窄球囊血管成形术、复杂体-肺动脉侧支封闭术时,辐射剂量中位数分别为 7.25、8.99、24.61、12.61、11.68 和 30.74 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 。本研究显示 ASD、VSD、PDA、PS 患儿辐射剂量分别为 9.01、24.60、7.27 和 12.63 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$,与上述报道结果相似,因而后期需进一步开展大样本量、多中心临床试验建立国内适合 CHD 患儿介入手术辐射剂量的参考值,为提高 CHD 患儿介入手术辐射防护质量提供依据。

既往 Hu 等^[9]的研究表明,即使不合并原发性甲状腺疾病,在体外循环下心脏手术后患者甲状腺激素水平也会下降,虽然甲状腺激素水平可于术后 5~7 d 左右复常,但 SES 常预示患儿术后心功能状态较差^[10]。本研究中两组术后 4 年内 TSH、FT3、FT4 呈下降趋势,表明无论是否行介入手术,CHD 患儿术后甲状腺激素水平均可能下降,原因为手术应激状态下,机体可呈现不同程度缺氧和酸中毒、营养失衡现象,体内分泌儿茶酚胺、糖皮质激素可降低 5'-脱碘酶活性,导致 T4 向 T3 转化率下降,患者术后的甲状腺激素水平减少^[11]。但本研究也显示,两组术后 2、3 和 4 年时 TSH、FT3、FT4 水平及甲状腺彩超异常率无显著性差异,表明介入手术治疗 CHD 患儿术后 4 年内对其甲状腺组织无明显影响。可能是因为本次观察组患儿介入

手术于省级三甲医院完成,医师的防护意识较强,术中患儿覆盖铅围脖及铅围裙均能对患儿甲状腺及性腺起到较好的保护作用,使甲状腺所受辐射降低至最小^[12],当然也不能排除 CHD 患儿辐射效应时间短(介入术后 2~4 年)、可能还处在潜伏期内等因素。

造血组织基本分布在全身,因而辐射的敏感较高^[13]。Padovani 等^[14]认为,人体造血系统照射剂量达一定程度时,外周血象出现以中性粒细胞为主的 WBC 与 PLT 减少。也有研究表明长期暴露于小剂量电离辐射环境中,可引起外周血 WBC 暂时性升高/下降^[15]。本研究观察组术后 2、3、4 年 WBC 异常率、PLT 异常率与对照组比较差异无统计学意义,尚未发现 CHD 患儿介入手术对其血液系统造成明显影响,可能是因为介入术所造成的外周血象指标损伤较小,或在术后 2~4 年患儿的 WBC 与 PLT 从数量上已完全恢复。

淋巴细胞对射线较敏感,主要为染色体畸变(包括稳定性与非稳定性染色体畸变),常被作为评估小剂量照射人群辐射损伤首选指标。微核为由有丝分裂后期丧失着丝粒的染色体断片产生的,是估算辐射生物剂量的重要指标^[16]。本研究观察组术后 2、3 和 4 年外周血淋巴细胞染色体畸变率、外周血淋巴细胞微核检出率高于对照组,与王平等^[17]报道的结果相似,表明 CHD 患儿体循环存活细胞中,辐射诱导辐射染色体畸变细胞持续存在,介入手术治疗 CHD 患儿后对其遗传物质的辐射损伤依然存在。因体细胞的染色体畸变和肿瘤有密切关系,减少辐射损伤仍是临床医师不断努力的方向,心脏术者及技师需掌握相关操作技能,加强对儿童辐射敏感器官(甲状腺、性腺)的屏蔽防护,减少辐射敏感组织的损伤^[18]。

本研究也存在一定不足之处,如术后 2~4 年调查随访时,患儿临床资料可能没有长期保存或记录有误,导致个别数据存在偏倚,影响研究结果和结论,此外本研究为单中心研究,样本量较少,随访时间也较短,若能增加样本量,进一步开展多中心、长期随访研究,将利于得到更准确的结果和结论。

综上所述,CHD 患儿介入术后 2~4 年辐射敏感组织(甲状腺、血液系统)所受的辐射损伤不明显,而遗传物质损伤仍然可见,应采取措施尽可能减少术中透视时间,加强屏蔽保护,并展开长期随访研究。

[参考文献]

- [1] 陈小丽,卢辉和,仲崇俊,等.南通地区婴幼儿先天性心脏病流行病学调查及相关因素分析[J].介入放射学杂志,2014,23:1095-1098.
- [2] 徐仲英.先天性心脏病的介入治疗[J].临床内科杂志,2015,32:9-12.
- [3] 聂佩,杨光杰,徐文坚,等.128 层双源 CT 前庭性心电门控序列扫描与大螺旋扫描在小儿先天性心脏病诊断准确率、图像质量及辐射剂量的对比研究[J].中华放射学杂志,2016,50:421-427.
- [4] 中国医师协会儿科医师分会先天性心脏病专家委员会,中华医学会儿科学分会心血管学组,《中华儿科杂志》编辑委员会.儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识[J].中华儿科杂志,2015,53:17-24.
- [5] 王世霞,秦玉明.血清 CK-MB 和 cTnT 水平评估先天性心脏病患儿介入治疗后心肌损伤的价值[J].江苏医药,2015,41:921-923.
- [6] 罗培,李成,王锦亮,等.超声监测与心血管造影在小儿先天性心脏病介入治疗中的指导作用[J].中国医药,2019,14:1632-1635.
- [7] Contis G, Foley TP Jr. Depression, suicide ideation, and thyroid tumors among Ukrainian adolescents exposed as children to Chernobyl radiation[J]. J Clin Med Res, 2015, 7:332-338.
- [8] 白家璐,王凤,吴琳,等.先天性心脏病患儿介入治疗的辐射剂量[J].中国介入心脏病学杂志,2019,27:447-451.
- [9] Hu YY, Li GM, Wang W. Euthyroid sick syndrome in children with diabetic ketoacidosis[J]. Saudi Med J, 2015, 36:243-247.
- [10] Martinez-Quintana E, Rodriguez-Gonzalez F. Follow-up of congenital heart disease patients with subclinical hypothyroidism[J]. Cardiol Young, 2015, 25:1111-1118.
- [11] 陈思行.1 岁以下先天性心脏病患儿术后甲状腺激素水平的变化规律及其与术后恢复影响的临床研究[D].北京:北京协和医学院、中国医学科学院、清华大学医学部、北京协和医学院中国医学科学院,2016.
- [12] 陈思行,李霞,鲁中原,等.1 岁以下先天性心脏病患儿体外循环下心脏术后甲状腺激素水平与延迟恢复的关系[J].中国循环杂志,2016,31:588-592.
- [13] 牛丽梅,吴小琴,雷红玉,等.介入放射工作人员细胞遗传学效应观察[J].工业卫生与职业病,2015,41:292-293.
- [14] Padovani RP, Tuttle RM, Grewal R, et al. Complete blood counts are frequently abnormal 1 year after dosimetry-guided radioactive iodine therapy for metastatic thyroid cancer[J]. Endocr Pract, 2014, 20:213-220.
- [15] Walsh MA, Noga M, Rutledge J. Cumulative radiation exposure in pediatric patients with congenital heart disease[J]. Pediatr Cardiol, 2015, 36:289-294.
- [16] 张霞,张燕,钟光伟.电离辐射对放射工作人员淋巴细胞微核、染色体畸变及白细胞的影响[J].职业与健康,2014,30:封2-封3.
- [17] 王平,苏垠平,高宇,等.介入治疗术对先天性心脏病儿童辐射敏感组织影响的随访研究[J].中华放射医学与防护杂志,2018,38:37-42.
- [18] 冯俊,程景林,郭杰,等.小儿先天性心脏病介入治疗中辐射剂量的评价[J].安徽医药,2012,16:184-186.

(收稿日期:2020-04-30)

(本文编辑:俞瑞纲)